

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-160204

(43)Date of publication of application : 13.06.2000

(51)Int.Cl.

B22F 1/02

B22F 3/00

B22F 9/20

H01F 1/22

(21)Application number : 11-266842

(71)Applicant : KAWASAKI STEEL CORP
VICTOR CO OF JAPAN LTD

(22)Date of filing : 21.09.1999

(72)Inventor : OZAKI YUKIKO
OGURA KUNIAKI
YASHIRO TSUTOMU
MURAI TSUNEO
HISHIJO HIDEO

(30)Priority

Priority number : 10266273 Priority date : 21.09.1998 Priority country : JP

(54) IRON POWDER FOR DUST CORE AND DUST CORE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide iron powder for a dust core and a dust core excellent in high frequency characteristics.

SOLUTION: Iron powder is obtd. by coating reduced iron powder in which the average grain size of ferritic grains is controlled to 2 to 20 μ m with a compound using amine-quinone as a constitutional component, preferably with an amine-quinone-polyurethane resin, and the dust core is obtd. by subjecting the iron powder coating to compression molding using a binder such as a thermosetting resin. When the binder is mixed with an amine-quinone-polyurethane resin, its magnetic properties, rust preventability and mechanical strength in a high frequency region are moreover made better.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-160204
(P2000-160204A)

(43) 公開日 平成12年6月13日 (2000.6.13)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テマート* (参考) |
|---------------------------|------|--------------|------------|
| B 2 2 F 1/02 | | B 2 2 F 1/02 | C |
| | 3/00 | | F |
| | 9/20 | | B |
| H 0 1 F 1/22 | | H 0 1 F 1/22 | |

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-266842
(22) 出願日 平成11年9月21日 (1999.9.21)
(31) 優先権主張番号 特願平10-266273
(32) 優先日 平成10年9月21日 (1998.9.21)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001258
川崎製鉄株式会社
兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号
(71) 出願人 000004329
日本ビクター株式会社
神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地
(72) 発明者 尾崎 由紀子
千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内
(74) 代理人 100080158
弁理士 渡辺 望 益 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧粉磁芯用鉄粉および圧粉磁芯

(57) 【要約】

【課題】 高周波特性に優れた圧粉磁芯用鉄粉および圧粉磁芯の提供。

【解決手段】 フェライト粒の平均粒径が2～20 μmの還元鉄粉を、アミンキノンを構成成分とする化合物、好ましくはアミンキノンポリウレタン樹脂で被覆した鉄粉と、該鉄粉被覆を、熱硬化性樹脂などの結合剤を用いて圧縮成形した圧粉磁芯。結合剤にアミンキノンポリウレタン樹脂を混合すると、高周波領域での磁気特性、防錆性、機械的強度がさらに良好になる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】鉄粉の表面が、アミンキノンを構成単位とする化合物で被覆されていることを特徴とする圧粉磁芯用鉄粉。

【請求項2】前記鉄粉が、鉄酸化物を還元して得た還元鉄粉であることを特徴とする請求項1に記載の圧粉磁芯用鉄粉。

【請求項3】前記還元鉄粉中のフェライト粒の平均粒径が $2\mu\text{m}$ 以上、 $20\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1または2に記載の圧粉磁芯用鉄粉。

【請求項4】請求項1～3のいずれかに記載の鉄粉を結合剤と混合後、圧縮成形したことを特徴とする圧粉磁芯。

【請求項5】前記結合剤が、熱硬化性樹脂であることを特徴とする請求項4に記載の圧粉磁芯。

【請求項6】前記熱硬化性樹脂が、アミンキノンを構成単位とする化合物を含んだ高分子樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂およびポリアミド樹脂からなる群より選ばれた少なくとも1種の樹脂であることを特徴とする請求項5に記載の圧粉磁芯。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、リアクトル・コア、ノイズフィルター・コア、さらには、フェライト焼結体の代替となり得る、より高い周波数領域にわたって高い透磁率で、かつ低鉄損の圧粉磁芯およびその原料となる鉄粉に関する。

【0002】

【従来の技術】電子機器の小型化に伴い、電子部品の小型化が急速に進行している。電子部品の多くには、高周波特性に優れ、鉄損の低いフェライト焼結体利用されているが、さらなる小型化のために、フェライト焼結体の代替として、安価で、磁気特性の温度安定性に優れ、飽和磁束密度が高い圧粉磁芯の利用が検討されている。圧粉磁芯は、鉄粉を樹脂等の結合剤と混合した後、加圧成形され、さらに樹脂等の結合剤を硬化させて製造されるものであり、リアクトル・コアやノイズフィルター・コア等に利用される。さらに、圧粉磁芯は、フェライト焼結体に比べ、焼結工程を必要としないため、焼結時の寸法収縮に伴う割れ・欠けがなく、薄肉あるいは複雑形状の部品の成形が可能であり、小型化のみならず部品の性能設計に応じて、従来の材料では実現不可能であった部品の製造が可能になることが期待されている。

【0003】このような圧粉磁芯に要求される特性は、高周波領域での高透磁率と低鉄損である。具体的には、室温で 50Hz から 1MHz の条件で初透磁率の周波数依存性を測定し、周波数を0に外挿した値を直流初透磁率、初透磁率が直流初透磁率の80%になる周波数を臨界周波数と定義した場合の、1) 高い直流初透磁率、

条件下で測定される、1) 高い実効透磁率と2) 低い鉄損が要求される。透磁率は、磁芯の密度と有効反磁場の影響を受け、磁芯の密度が高密度で、有効反磁場が小さいほど高い透磁率となる。一方、臨界周波数は、渦電流損失が小さいほど高くなる量であり、磁芯を構成する粒子間の絶縁性が高く、低い鉄損であるほど高い臨界周波数となる。

【0004】直流初透磁率の改善を目的として、圧粉磁芯の原料となる鉄粉の形状を扁平化することによって有効反磁場を低減することが提案されている（例えば、特開昭62-72102号公報、特開昭63-233508号公報、特開昭61-223101号公報）。これらの提案によって、直流初透磁率は改善されたが、粉体同士の接触面積が増大し、粒子間の絶縁性が低下し、鉄損が増加する傾向があった。

【0005】前記問題を解決するために、絶縁皮膜を改良し、高い直流初透磁率でかつ高い臨界周波数の磁芯を製造する技術が検討されている（例えば、特開平8-260114号公報）。しかしながら、多くの絶縁皮膜は、粒子表面に硬い皮膜を形成するため、圧粉磁芯の成形時における圧縮性が低下し、密度の低下もあるため、鉄粉の扁平化による透磁率改善の効果が低減してしまう問題があった。また、従来提案されている鉄粉を原料とした圧粉磁芯は、密度が低いため、磁芯表面のみならず、内部の空隙部で鉄粉が腐食されやすく、フェライト焼結体に比較して電子部品としての信頼性が低かった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、従来技術の前記問題点の解消を目的とし、フェライト焼結体の代替となり得る、高周波領域にわたって高い直流初透磁率を示し、かつ低鉄損であり、さらに耐腐食性も向上した圧粉磁芯用の鉄粉および圧粉磁芯を提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の第一の発明は、鉄粉の表面が、アミンキノンを構成単位とする化合物で被覆されていることを特徴とする圧粉磁芯用鉄粉である。

【0008】好ましい第一の発明は、前記鉄粉が、鉄酸化物を還元して得た還元鉄粉であることを特徴とする圧粉磁芯用鉄粉である。

【0009】また、好ましい第一の発明は、前記還元鉄粉中のフェライト粒の平均粒径が $2\mu\text{m}$ 以上、 $20\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする圧粉磁芯用鉄粉である。

【0010】本発明の第二の発明は、前記のいずれかの鉄粉を結合剤と混合後、圧縮成形したことを特徴とする圧粉磁芯である。

【0011】好ましい第二の発明は、前記結合剤が、熱硬化性樹脂であることを特徴とする圧粉磁芯である。

性樹脂が、アミンキノンを構成単位とする化合物を含んだ高分子樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂およびポリアミド樹脂からなる群より選ばれた少なくとも1種の樹脂であることを特徴とする圧粉磁芯である。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の鉄粉は、純鉄粉であり、純鉄粉は、その製造法によって、還元鉄粉とアトマイズ鉄粉に大別される。還元鉄粉は、細長いアームが絡み合った海綿状であるため、1個の粒子は、細長いアームの集合体となっており、同じ大きさのアトマイズ鉄粉に比較して、交流磁場で生じる渦電流の流路が実質的に短くなるため、ジュール発熱が減少し、渦電流損失が低減されるため、比較的高周波用途では、アトマイズ鉄粉よりも軟磁性材料として有利である。

【0014】一方、アトマイズ鉄粉は、内部が稠密であるため、同一粒径の還元鉄粉と比較すると、渦電流の流路が長いため、渦電流損失は大きい。しかし、粒子内部の空隙や夾雑物が少ないため、磁壁のピンニング作用は還元鉄粉より少なく、ヒステリシス損失は、還元鉄粉より低い。このため、渦電流の影響が小さい比較的低周波用途では鉄損が小さいという利点がある。ここで、磁壁のピンニング作用とは、磁壁（外部磁場が変動した場合にそれにつられて磁化方向が互いに逆になる境界）の移動を妨げる（磁壁のピンニング）作用のことをさす。

【0015】本発明の還元鉄粉は純鉄粉であり、 α -Fe相（フェライト相）の単相からなり、フェライト相の平均粒径は2~20 μ mである。フェライト相の結晶粒界には不純物が濃化し、しばしば介在物として析出する。これが、磁壁の移動を妨げ（磁壁のピンニング）、透磁率を低下させ、さらには、ヒステリシス損失を増大させる原因になる。そのため、磁性材料として用いる鉄粉のフェライト相の結晶粒径は大きい方が好ましい。

【0016】フェライト相の平均粒径が2 μ m未満であると、鉄粉粒子内の結晶粒界の数が多くなって、著しく透磁率が低下し、ヒステリシス損失が増大する傾向がある。還元鉄粉は、細長いアームが絡み合った海綿状であるため、実質的には、結晶粒径はアーム長さが上限となり、約20 μ mである。好ましい平均粒径は5~10 μ mである。平均フェライト粒径は、鉄粉を樹脂に埋め込んだ後、研磨、エッチング処理した鉄粉断面50個の倍率400倍の光学写真を撮影し、その画像をパソコンに取り込み、粒子中に観察されるフェライト結晶粒径を測定し、その数値平均をとることによって求めた。

【0017】本発明の還元鉄粉は、常法による酸化鉄の還元により得られる。酸化鉄としては、ミルスケールおよび/または鉄鉱石粉末が使用される。

【0018】本発明の鉄粉はアミンキノンを構成単位とする化合物（以下、アミンキノン化合物と言う）で被覆するのが好ましく、アトマイズ鉄粉の場合、その表面粒

の粒子内部の海綿状構造の空隙等に前記化合物が含有されている場合も、便宜上被覆と言う。皮膜の厚さはおおよそ5nm~2 μ mである。これはオージェ電子分光分析による粒子表面の深さ方向のCおよびNの含有量の分析により求められる。

【0019】鉄粉の絶縁皮膜は、圧粉磁芯中における鉄粉粒子間、あるいは、還元鉄粉においては、粒子を構成する細長いアーム間の絶縁性を増大させ、磁芯の鉄損を低減させる効果が著しい。また鉄粉粒子の耐食性を向上させる付随的効果もある。これは、アミンキノン化合物のキノン基中の酸素と、酸化により生じた鉄粉表面との間に水素結合が形成され、皮膜が鉄粉に吸着し密着性が良好になるためと推測される。

【0020】アミンキノン化合物としては、少なくとも1つの水酸基を有するもの、あるいは、これを重合して得られるアミンキノンポリウレタン樹脂が特に好適である。少なくとも1つの水酸基を有するアミンキノン化合物は、鉄粉への親和性が良く、均質な絶縁膜を形成する。また、アミンキノンポリウレタン樹脂は鉄粉への親和性が良いほか、耐熱性に優れ、高温雰囲気で使用される場合に好適である。

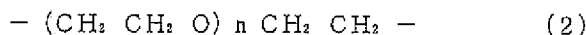
【0021】アミンキノン化合物は、被覆の際に、鉄粉に対し0.01~0.3mass%の比率で使用されるのが好ましく、0.05~0.2mass%の比率で使用されるのが特に好ましい。0.01mass%未満であると、絶縁効果がない。0.3mass%を超えると、前記被覆工程において、有機溶媒を除去乾燥する過程で、前記化合物が鉄粉粒子間に液架橋を形成し、さらには、鉄粉粒子の2次凝集体を形成する。鉄粉粒子の2次凝集体が形成されると、後続の結合剤との均一な混合ができず、不都合である。

【0022】前記皮膜は、アミンキノン化合物の有機溶媒の溶液を、鉄粉に滴下し、攪拌混合した後、有機溶媒を除去乾燥することにより形成される。溶液濃度は5~80重量%が好ましく、20~60重量%が特に好ましい。有機溶媒としてはアミンキノン化合物を溶解するものであれば特に限定されるものではないが、例えば、アノン（シクロヘキサノン）、テトラヒドロフラン、ジメチルホルムアミドおよびこれらとケトン系溶剤との混合溶剤等が例示される。攪拌混合は、例えば、アトライター、防爆仕様的高速ミキサーを用いて、粉体中にアミンキノン化合物溶液が偏析することにより生じる鉄粉の凝集体がなくなるまで行うのが好ましい。被覆鉄粉は、前記溶媒を除去したのち、例えば、真空乾燥される。

【0023】例えば、本発明の絶縁剤として好適なアミンキノンポリウレタン樹脂は、化学式（1）で示されるアミンキノンを含むジオールを変性剤とするポリウレタン樹脂である。ここで、R₁は水素または炭素数1~6の直鎖状もしくは分岐状のアルキル基、環状もし

あり、例えば、エチル基、*n*-プロピル基、*i*-プロピル基、ベンジル基、フェニル基である。R₂は炭素数1～16の2価の炭化水素基であり、例えば、アルキレン基、フェニレン基、アラキレン基、アルカリレン基または化学式(2)で示されるポリ(エチレンオキサイド)基を含む直鎖状ポリオール基であり、例えば、メチレン基、エチレン基、プロピレン基、*i*-プロピレン基である。

【0024】



ここで n は0～50の整数を表す。

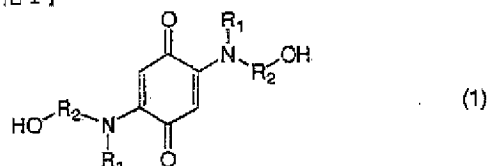
【0026】アミン-キノ-ポリウレタン樹脂は、化学式(1)で示されるアミン-キノを含むジオールと、アミン-キノを含まない鎖状のジオールとジイソシアネートを反応させて製造される。ジオールは、分子量が500～5000程度のものが好ましく、具体的にはポリカプロラクトン(PCL)、ポリヘキサメチレンカーボネート、ポリブチレンアジペート、ポリヘキサメチレンアジペート、1,4-ブタンジオールであり、好ましいジイソシアネートはトリレンジイソシアネート(TDI)、4,4'-ジフェニルメタンジイソシアネート(慣用名:メチレンジ(4-フェニルイソシアネート):MDI)である。これらを所望量ずつ混合することにより、所望のアミン-キノ-ポリウレタン樹脂を製造できる。例えば、アミン-キノを含むジオールオリゴマーを、PCLとTDIの合計に対し5～40mass%混合し、約60℃で約1時間溶融重合させることにより製造される。

【0027】本発明のアミン-キノ-ポリウレタン樹脂を被覆した鉄粉は、樹脂を結合剤に用いる圧粉磁芯材料として好適である。圧粉磁芯は鉄粉を結合剤である熱硬化性樹脂と混合した後、圧縮成形し、さらに樹脂を熱硬化することにより得られる。圧縮成形は一般的な粉末冶金的手法により実施される。樹脂の熱硬化も、一般的な条件で実施される。

【0028】結合剤として使用される樹脂としては、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリアミド樹脂が例示されるが、エポキシ樹脂が好適で、各種エポキシ樹脂が使用される。結合用樹脂の配合量は、鉄粉に対し0.1～10mass%が好ましく、0.5～5mass%が特に好ましい。

【0029】鉄粉に被覆されたアミン-キノ-ポリウレタン樹脂中のウレタン分子の末端基と、結合剤として用いたエポキシ樹脂のエポキシ基が縮合し、架橋結合を形成する。これにより、エポキシ樹脂と鉄粉が密接に結合したことになり、圧粉磁芯の機械的強度が増大する。圧縮成形に際し、必要に応じ、アミン-キノ-ポリウレタン樹脂を結合用樹脂に配合しても良い。この場合も、同様に、エポキシ分子間にアミン-キノ-ポリウ

*【化1】



【0025】

粉磁芯の機械的強度が増大する。

【0030】アミン-キノ-ポリウレタン樹脂のエポキシ樹脂に対する比率は、大きいほど好ましいが、1mass%未満であると、機械的強度の増大が十分でない。配合量の上限は、組み合わせる結合剤の種類により異なり、結合剤毎に適宜決定される。必要以上に配合すると、機械的強度が逆に低下する。結合剤の樹脂成分を、全量アミン-キノ-ポリウレタン樹脂とすることもできる。なお、予めアミン-キノ-ポリウレタン樹脂により被覆していない鉄粉を、アミン-キノ-ポリウレタン樹脂を含有する結合剤と混合後、圧縮成形して得た圧粉磁芯も、前記圧粉磁芯とほぼ同様な効果が得られる。

【0031】

【実施例】[発明例1～2][比較例1～2]

(結合剤にアミン-キノ-ポリウレタン樹脂を混合していない場合)表1に示す特性の水アトマイズ鉄粉とミルスケール還元鉄粉に対して、アミン-キノ-ポリウレタン樹脂をアセトン:2-ブタノン=50:50(重量比)の混合溶媒に溶解した濃度50重量%の溶液を各々0.6mass%(アミン-キノ-ポリウレタン樹脂0.3mass%相当)添加し、防爆仕様的高速ミキサーを用いて、常温で5分間攪拌し、鉄粉に樹脂を被覆した。溶媒を除去乾燥した後、被覆鉄粉に形成された膜厚は約500nmであった。

【0032】得られた被覆鉄粉に1mass%のエポキシ樹脂を混合し、686MPaの成形圧力で、外形38mm、内径25mm、厚さ6.5mmのリング片と幅10mm、長さ50mm、厚さ5mmの直方体を圧縮成形し、大気中140℃で30分間かけて樹脂を硬化し、試験片を得た。

【0033】磁気特性は、リング片に巻線し、インピーダンスアナライザーによって、初透磁率の周波数依存性を測定し、直流初透磁率 μ_i/μ_0 と臨界周波数 f_{cr} を求めた。直流電気抵抗は、直方体の試験片の長手方向に沿って20mmの間隔に電極をハンダづけし、直流4端子法によって測定した。以上の結果を表2に示した。比較のため、同じ鉄粉にアミン-キノ-ポリウレタン樹脂を被覆せずに、同量のエポキシ樹脂を混合して、同様

μ_0 、臨界周波数 f_{cr} および直流電気比抵抗を測定し、結果を表 2 に示した。

【0034】表 2 中、発明例 1 と比較例 1、および、発明例 2 と比較例 2 の比較より明らかなように、鉄粉が同一ならば、アミン-キノン-ポリウレタン樹脂で予め被覆をした鉄粉のほうが、直流初透磁率が高く、鉄損が改善されるため、臨界周波数 f_{cr} が高い。

【0035】〔発明例 3～5〕〔比較例 3〕

(結合剤にアミン-キノン-ポリウレタン樹脂を混合していない場合) 表 3 に示す特性ミルスケール還元鉄粉に 10 対して、アミン-キノン-ポリウレタン樹脂をアセトン：2-ブタノン=50：50 (重量比) の混合溶媒に溶解した濃度 50 重量%の溶液を 0.4 mass% (アミン-キノン-ポリウレタン樹脂 0.2 mass% 相当) 添加し、防爆仕様的高速ミキサーを用いて、常温で 5 分間攪拌し、鉄粉に樹脂を被覆した。溶媒を乾燥除去した後、被覆鉄粉に形成された膜厚は約 200 nm であった。

【0036】得られた被覆鉄粉に 1 mass% のエポキシ樹脂を混合し、68.6 MPa の成形圧力で、外形 38 mm、内径 25 mm、厚さ 6.5 mm のリング片と幅 10 mm、長さ 50 mm、厚さ 5 mm の直方体を圧縮成形し、大気中 140℃で 30 分間かけて樹脂を硬化し、試験片を得た。

【0037】磁気特性として、発明例 1 と同様に、直流初透磁率 μ_i / μ_0 を求め、結果を表 4 に示した。比較のため、同成分で平均フェライト粒径が 2 μ m 未満の還元鉄粉に、同様な樹脂被覆を行い、さらに同様な圧縮成形を行なって作製した試験片についても、直流初透磁率 μ_i / μ_0 を測定し、結果を表 4 に示した。

【0038】表 4 中、発明例 3～5 と比較例 3 の比較より、平均フェライト粒径が 2 μ m 未満の還元鉄粉に比べ、平均フェライト粒径が 2 μ m 以上の還元鉄粉を用いて成形した圧粉磁芯の直流初透磁率が高いことが明らかである。

【0039】〔発明例 6～8〕〔比較例 4〕

(結合剤にアミン-キノン-ポリウレタン樹脂を混合していない場合) 発明例 4 の平均フェライト粒径 10.2 μ m の還元鉄粉と、表 5 に示す還元鉄粉に対する混合割合のアミン-キノン-ポリウレタン樹脂を混合し、発明例 4 と同様に、該還元鉄粉の被覆を行った。引き続き、発明例 1 と同様に、該被覆鉄粉の圧縮成形 (該被覆鉄粉に対するエポキシ樹脂の混合量は 1 mass%) を行い、磁芯を成形した。

【0040】磁気特性は、リング片に巻線し、BHアナライザーによって、最大磁束密度 0.05 T、100 kHz での実効透磁率と最大磁束密度 0.01 T、100 kHz での鉄損を測定した。また磁気特性測定後のリング片は巻線を解き、ASTMB202-58 T に定められた方法で圧縮強さを測定した。また、直方体の長手方

℃相対湿度 95% の恒温恒湿槽中に 48 時間放置し、直方体表面での発錆面積率を測定した。これらの結果を表 5 に示した。

【0041】発明例 6～8 と比較例 4 の比較より、アミン-キノン-ポリウレタン樹脂の皮膜を有する鉄粉は、該皮膜を有しない鉄粉と、実効透磁率は同等だが、鉄損が小さく、かつ直流比抵抗が高く、磁芯中の粒子間の絶縁性が改善されており、さらに発錆面積率も低く、耐腐食性の向上が著しいことがわかる。リング片の圧縮強さは、アミン-キノン-ポリウレタン樹脂を被覆した鉄粉を用いた場合に、改善が見られる。

【0042】〔発明例 9～20〕〔比較例 5〕

(結合剤にアミン-キノン-ポリウレタン樹脂を混合している場合) 発明例 1～2 の被覆鉄粉 (被覆に使用したアミン-キノン-ポリウレタン樹脂の混合量 0.05 mass%) と、比較例 1 の被覆をしていない鉄粉に、表 6 に示すエポキシ樹脂に対する配合割合のアミン-キノン-ポリウレタン樹脂を混合し (鉄粉に対するエポキシ樹脂の配合量は 1 mass%)、発明例 1 と同様に圧縮成形し、磁芯を成形した。

【0043】磁気特性は、発明例 3 と同様に、リング片に巻線し、実効透磁率と鉄損を測定した後、巻線を解き、発明例 6 と同様の方法で圧縮強さを測定した。また発明例 3 と同様に、直方体について発錆面積率を測定した。これらの結果を表 6 に示した。

【0044】水アトマイズ鉄粉を用いた圧粉磁芯については、発明例 9～12 より明らかなように、粒子表面をアミン-キノン-ポリウレタン樹脂で被覆し、かつ結合剤にアミン-キノン-ポリウレタン樹脂を混合することによって、直流電気比抵抗が増大し、鉄損が低減され、さらに発錆面積率も低下している。結合剤中のアミン-キノン-ポリウレタン樹脂の量が多いほど、この傾向が顕著である。圧縮強さは、結合剤中にアミン-キノン-ポリウレタン樹脂を混合することによって増加するが、混合量が多過ぎると低下する傾向が認められた。

【0045】また発明例 11 と発明例 13、あるいは、発明例 12 と発明例 14 の比較により、結合剤にアミン-キノン-ポリウレタン樹脂を混合しても、予め鉄粉表面をアミン-キノン-ポリウレタン樹脂で被覆処理しない場合は、直流電気比抵抗の増加および鉄損の低減効果が見られず、さらに、発錆面積率も低下しない。直流電気比抵抗の増加および鉄損の低減効果が見られないのは、被覆を施さないと、成形時に隣合う鉄粉粒子が容易に接触するためであり、防錆効果が低下するのは、圧粉磁芯表面で被覆されない裸の鉄粉が露出するためである。

【0046】還元鉄粉についても同様に、発明例 15～18 より明らかなように、粒子表面をアミン-キノン-ポリウレタン樹脂を被覆し、かつ結合剤にアミン-キノ

比抵抗が増大し、鉄損が低減され、さらに発錆面積率も低下している。結合剤中のアミン-キノン-ポリウレタン樹脂の量が多いほど、この傾向が顕著である。圧環強さは結合剤中にアミン-キノン-ポリウレタン樹脂を混合することによって増加するが、混合量が多過ぎると低下する傾向が確認された。

【0047】また発明例17と発明例19、あるいは、発明例18と発明例20の比較により、結合剤にアミン*

*-キノン-ポリウレタン樹脂を混合しても、予め鉄粉表面をアミン-キノン-ポリウレタン樹脂で被覆処理しない場合は、直流電気比抵抗の増加および鉄損の低減効果が見られず、さらに、発錆面積率も低下しない。これは水アトマイズ鉄粉を使用した圧粉磁芯で確認されたのと同じ現象として説明される。

【0048】

【表1】

表 1

| 試料 | 種 類 | 見 掛 密 度 (mg/m^3) | 平均 粒 径 (μm) | 平均フェ ライト 粒 径 (μm) | 微 量 成 分 含 有 量 (mass%) | | | | | | |
|----|------------|--|--------------------------------|---|-----------------------|-------|--------|------|------|-------|-------|
| | | | | | O | C | N | Si | Mn | P | S |
| A | 水アト マイズ | 3.03 | 78 | 5.5 | 0.11 | 0.003 | 0.0030 | 0.02 | 0.11 | 0.012 | 0.002 |
| B | 還元 | 2.72 | 75 | 4.8 | 0.15 | 0.002 | 0.0032 | 0.01 | 0.10 | 0.011 | 0.003 |

【0049】

表 2

| 例 | 試料 | アミン- キノン- ポリウレ タン樹脂 被覆 | 直流初透 磁率 μ_1 / μ_0 | 臨 界 周波数 (MHz) | 直流電気 比抵抗 ($\mu\Omega\text{m}$) |
|------|----|------------------------------------|-------------------------------|---------------------|--|
| 発明例1 | A | 有 | 65.6 | 0.85 | 672 |
| 比較例1 | A | 無 | 65.3 | 0.26 | 411 |
| 発明例2 | B | 有 | 78.0 | 0.97 | 873 |
| 比較例1 | B | 無 | 77.8 | 0.40 | 502 |

【0050】

※ ※ 【表2】

表 3

| 試料 | 種類 | 見 掛 密 度 (g/cm^3) | 平均 粒 径 (μm) | 微 量 成 分 含 有 量 (mass%) | | | | | | |
|----|----------|--|--------------------------------|-----------------------|-------|--------|------|------|-------|-------|
| | | | | O | C | N | Si | Mn | P | S |
| C | 還元 鉄粉 | 2.62 | 78 | 0.18 | 0.001 | 0.0020 | 0.01 | 0.10 | 0.010 | 0.002 |
| | | } | } | } | } | } | } | } | | |
| | | 2.73 | 80 | 0.29 | 0.003 | 0.0035 | 0.07 | 0.35 | 0.018 | 0.008 |

【0051】

表 4

| 例 | 試料 | 還元鉄粉の平均 フェライト粒径 (μm) | 圧粉磁芯の直 流初透磁率 μ_1 / μ_2 |
|-------|----|---|------------------------------------|
| 発明例 3 | C | 15.3 | 82 |
| 発明例 4 | C | 10.2 | 79 |
| 発明例 5 | C | 4.9 | 77 |
| 比較例 3 | C | 1.3 | 71 |

【0052】

表 5

| 例 | アミン- キノン- ポリウレ タン樹脂 (mass %) | 実効透 磁率 100kHz , 0.05T | 鉄 損 50kHz, 0.01T (kw/m^3) | 直 流 比抵抗 ($\mu\Omega\text{m}$) | 発 錆 面積率 (%) | 圧壊強さ (MPa) |
|-------|--|--------------------------------|---|---|-------------------|-------------------|
| 発明例 6 | 0.05 | 132 | 50.7 | 613 | 6 | 9.6 |
| 発明例 7 | 0.10 | 133 | 45.2 | 791 | 2 | 10.1 |
| 発明例 8 | 0.20 | 130 | 38.6 | 876 | 1 | 10.7 |
| 比較例 4 | 0 | 129 | 95.1 | 347 | 20 | 8.0 |

【0053】

【表 3】

表 6

| 例 | 試料 | 鉄粉の被覆 (mass%) | 7-メチル- シリコン樹 脂対エポキシ 樹脂 (mass%) | 実効 透磁率 100kHz 0.05T | 鉄損 100kHz 0.01T (kW/m ²) | 直 流 比抵抗 ($\mu\Omega\text{m}$) | 発熱 面積 率 (%) | 圧 強 さ (MPa) |
|-------|----|------------------|--|------------------------------|---|--|----------------------|----------------------|
| 発明例9 | A | 0.05 | 0 | 114 | 74.2 | 613 | 3 | 13.1 |
| 発明例10 | A | 0.05 | 10 | 113 | 69.3 | 653 | 3 | 16.3 |
| 発明例11 | A | 0.05 | 20 | 115 | 60.1 | 722 | 2 | 14.5 |
| 発明例12 | A | 0.05 | 100 | 116 | 50.2 | 785 | 0 | 11.7 |
| 発明例13 | A | 0 | 20 | 114 | 76.1 | 583 | 5 | 12.1 |
| 発明例14 | A | 0 | 100 | 115 | 71.3 | 539 | 8 | 11.3 |
| 比較例5 | A | 0 | 0 | 115 | 96.0 | 354 | 15 | 8.0 |
| 発明例15 | B | 0.05 | 0 | 129 | 65.2 | 701 | 7 | 15.4 |
| 発明例16 | B | 0.05 | 10 | 131 | 59.7 | 746 | 5 | 20.2 |
| 発明例17 | B | 0.05 | 20 | 132 | 41.3 | 813 | 3 | 18.5 |
| 発明例18 | B | 0.05 | 100 | 131 | 31.5 | 820 | 2 | 13.4 |
| 発明例19 | B | 0 | 20 | 130 | 85.1 | 435 | 6 | 17.3 |
| 発明例20 | B | 0 | 100 | 129 | 78.3 | 511 | 4 | 14.8 |

【0054】

*優れた磁気特性を具有する。さらに、本発明の圧粉磁芯

【発明の効果】本発明により得られた圧粉磁芯は、高周 30 は、耐腐食性および機械的強度の向上も図れることか
波領域で高透磁率を示すとともに、低鉄損をも達成し、* ら、産業への寄与が大きい。

フロントページの続き

(72)発明者 小倉 邦明

東京都千代田区内幸町2丁目2番3号 川
崎製鉄株式会社東京本社内

(72)発明者 八代 勉

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番
地 日本ビクター株式会社内

(72)発明者 村井 庸夫

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番
地 日本ビクター株式会社内

(72)発明者 菱城 秀夫

茨城県岩井市辺田1147-64